

## TRABALHOS ORIGINAIS

### NOTA SÔBRE A OCORRÊNCIA DE SÍLICA NO LENHO DE LEGUMINOSAS

por

F.R. MILANEZ

Chefe da S. Botânica Geral

e

A. MATTOS FILHO

Naturalista da S.B. Geral

Em consequência dos estudos químicos de STRUVE (10) ficou estabelecido, desde 1835, que o exo-esqueleto de certas plantas, como *Equisetum* e *Calamus*, é constituído de sílica quase pura, acompanhada freqüentemente de vestígios de cálcio e alumínio e, às vêzes, de manganês. Resultados semelhantes foram obtidos posteriormente com relação aos corpúsculos que podem ser encontrados nas cavidades celulares dos mais variados tecidos.

Interessa-nos, no momento, somente o tecido lenhoso e a êsse respeito merece especial menção o trabalho pioneiro de BARGAGLI-PETRUCCI (2). Observando as madeiras de grandes árvores colhidas, em Borneo, pelo Dr. Beccari, verificou que a presença de sílica era bem mais freqüente do que se supunha. Descreveu êle concreções esferóidais ou irregulares, com um ou diversos núcleos de refração diferente, as quais se depositam mais comumente nas células dos raios e do parênquima do lenho. Fêz ainda, o Autor, considerações sobre os fatores de que depende tal peculiaridade anatômica, apontando como ponderáveis os que se referem ao solo e ao clima; entretanto, porque espécies da mesma família (e até do mesmo gênero) vivendo muito próximas, podem comportar-se de maneira diferente quanto às inclusões, salientou

---

Entregue para publicação a 2-5-956.

PETRUCCI a importância do fator específico. Finalmente, apoiando-se no fato de que certas plantas acumulam sais de cálcio, ao passo que outras armazenam sílica, sugeriu a possibilidade de certo antagonismo fisiológico, quanto à absorção dos referidos minerais. Ele próprio, todavia, referiu os lenhos de *Cotylelobium* sp. e de *Coelostegia borneensis* nos quais se vêem lado a lado, no mesmo tecido, mas não no mesmo elemento, sílica e oxalato de cálcio.

Muitas outras observações sobre a ocorrência de sílica nas madeiras foram comunicadas ulteriormente e das mesmas falaremos mais adiante.

Do ponto de vista biológico, surgem várias questões de interesse. Por ser a sílica praticamente inerte e, portanto, inativa no metabolismo, parece que a abundância dessa substância no vegetal depende, em última análise, da facilidade com que êste se deixa penetrar por aquela, através do sistema radicular. FREY-WYSSLING (5) compara a sílica a um lastro carregado pela coluna aquosa ascendente. Se considerarmos a fase de absorção, teremos que convir que num solo rico em sílica, as membranas dos pêlos radiculares de certas espécies são mais facilmente atravessadas por ela do que as de outras, por motivos específicos. LUNDEGARDH (6) localiza essa discriminação na membrana plásmica, relacionando-a com a natureza electroquímica da sua face em contato com a solução mineral do solo. Na referida superfície plasmática dos pêlos radiculares dos vegetais em questão, preponderam os grupos *hidróxila* que podem ser trocados por iões silicatos do solo.

Ao anatomista de madeiras importa principalmente registrar a ocorrência da sílica nas várias espécies e, nestas, localizar as concreções silicosas, com exatidão, nos elementos e tecidos respectivos. As informações existentes ainda são algo fragmentárias. Reunimo-las, todavia, pensando prestar algum serviço aos anatomistas, coligindo dados de várias fontes e, em mais larga escala, do magnífico tratado de METCALF & CHALK (7): ao quadro assim formado, acrescentamos os dois gêneros de Leguminosas que ora estudamos.

\* \* \*

O segundo signatário, quando em excursão pelo Estado do Espírito Santo, coletou material lenhoso de árvore conhecida na região, entre outros, pelos nomes populares de “durinho” e “quebra machado”, que bem caracterizam sua dureza peculiar. No laboratório, os cortes mostraram a presença de corpúsculos esferóidais nas cavidades dos elementos do parênquima, ao mesmo tempo que permitiam a identificação da espécie como *Dialium guianense* (Aubl.) Sandw. (= *Dialium divaricatum* Vahl)

Realizados os ensaios microquímicos, foi possível reconhecer a natureza dos mencionados corpúsculos. Os ácidos acético, clorídrico e nítrico não os afetam, ao passo que o fluorídrico os dissolve. Os mesmos ácidos servem para distingui-los dos cristais de oxalato de cálcio, atacados pelos três últimos.

Estabelecida, assim, a ocorrência de sílica no mencionado lenho, realizamos pesquisas bibliográficas a fim de verificar se outros já tinham observado o mesmo fato. A propósito das madeiras de Leguminosas, encontramos somente as duas referências seguintes:

- a) RECORD & MELL (8) na pg. 242 (onde se trata da estrutura do lenho de *Dicorynia paraensis* Benth). — “Mr. Gonggrijp attributes this relatively high immunity to the attacks of the *Neoterredo* to the presence in the wood of silica particles”;
- b) METCALF & CHALK (7) na pg. 499 — “BESSON records a very high silica content in *Dicorynia* and *Dialium* and a high ash content in the latter”.

Resolvemos, então, estender nossas observações às espécies de *Dicorynia*.

As massas de sílica podem passar despercebidas ao observador menos avisado. Bom recurso para pô-las em evidência é a microscopia de fase. Resultados ainda melhores se obtêm quando se usa esta microscopia de modo a conseguir aspectos semelhantes aos de campo escuro, sobre o qual se destacam brilhantes, as concreções. Assim foi feito para as fotos 1, 3, 7 e 9, por meio da objetiva *Neofluar* 6,3x e o anel

de fase correspondente à objetiva 40x; para as fotos 2 e 8 mediante a objetiva Ph. 16x Zeiss e o anel de fase correspondente à obj. 100x.

Citado processo põe em relêvo tanto as mencionadas concreções como, também, os cristais de oxalato de cálcio. Quando se deseja, porém, estabelecer de modo seguro a distinção entre ambas as inclusões é suficiente lançar mão da luz polarizada que não realça as referidas concreções, por serem estas amorfas.

No lenho de *Dialium guianense* há grande quantidade de massas de sílica, exclusivamente no parênquima. Este consiste em faixas metatraqueais de largura variável, freqüentemente interrompidas ou anastomosadas, e em bainhas vasculares estreitas, às vezes incompletas (Fotos 1 e 2). Uma e outras se compõem de séries estratificadas, com 2-8 elementos (4-6, na grande maioria dos casos).

É geralmente nas faixas que se observam as concreções de sílica. São estas variáveis, mais ou menos arredondadas, com diâmetro médio de 12-15 $\mu$ , habitualmente, apresentando superfície irregular pela presença freqüente de saliências irregulares (Foto 2). Existem algumas muito menores. Parecem de constituição heterogênea, exibindo pontos de refração muito deferente, na sua massa. Há, de ordinário, uma concreção para cada célula (Foto 3). Por havermos examinado material colhido com a casca, estamos em condições de afirmar que as concreções já são perceptíveis ao nível da 4.<sup>a</sup> à 6.<sup>a</sup> camada a partir do câmbio, tornando-se plenamente visíveis na 8.<sup>a</sup> à 10.<sup>a</sup> camada.

No lenho em estudo, encontra-se também o oxalato de cálcio, embora em pequena quantidade, de preferência no parênquima vasicêntrico (bainhas vasculares). Aparece êle em cristais solitários, prismáticos ou romboédricos que, ao contrário do que sucede comumente com a sílica, sempre determinam a subdivisão do elemento de parênquima.

Como vimos páginas atrás, já PETRUCCI (2) citara exemplos da coexistência das duas substâncias minerais no mesmo tecido, mas em elementos diferentes. No *Dialium guianense* observamos séries silicíferas, cujas células, não subdivididas,



continham cada qual, uma concreção de sílica; séries cristálíferas (holocristálíferas) constituídas de numerosos elementos (provenientes da subdivisão das células primitivas) cada um com seu cristal; e, finalmente, séries mistas, ordinariamente com 3-4 células silicíferas, comuns, e uma subdividida pela presença dos cristais de oxalato de cálcio. A foto 4, por exemplo, mostra 4 séries silicíferas e 1 mista: esta última contém 4 elementos cristálíferos provenientes da subdivisão da célula extrema da série. Os cristais são perfeitamente visíveis, ao passo que desaparecem as concreções silicosas, na foto 5, obtida com luz polarizada, no mesmo campo microscópico.

Há que assinalar, ainda, a presença de séries com estrutura diferente das que descrevemos. Assim, na foto 6, aparecem algumas cujas células contêm mais de uma concreção silicosa. Além disso, estão assinaladas duas séries mistas, onde surge uma concreção em elemento que deveria conter um cristal.

Aproveitando a circunstância de haver em nossa xiloteca amostras do lenho de duas outras espécies de *Dialium*, resolvemos examiná-las para ver se também continham sílica. A primeira, *D. poteus* Baker, proveniente dos Estados Malaios (amostra n.º 33.939 da coleção Yale) apresenta faixas de parênquima relativamente abundante. Quase todas as células desse tecido estão fortemente esclerosadas; algumas, situadas às margens das faixas, encerram um cristal de oxalato de cálcio. Não há, porém, massas de sílica. Na segunda, *D. guineense* Willd., oriunda da Costa do Ouro (n.º 23.560 de Yale), onde o parênquima é vasicêntrico, muito escasso, não encontramos sílica, nem oxalato.

Em *Dicorynia paraensis* Ducke, as concreções de sílica são menos abundantes, no lenho, que em *Dialium guianense*. O parênquima, com disposição semelhante à observada nesta última espécie, compõe-se de séries com 4-6 elementos, na maioria das vezes; são elas regularmente estratificadas, como no caso anterior. Aqui, entretanto, nem todas contêm sílica, mas somente as dispostas nas margens das faixas ou na vizinhança dos vasos (V. foto 7).

Ao contrário do que foi visto em *D. guianense*, também os raios exibem as mencionadas concreções. Geralmente estas se alojam nas células apicais (V. fotos 7, 8 e 9), mas também podem aparecer nas demais células. Talvez essa ocorrência nos raios deva explicar-se pela tendência destes últimos de incorporar certas iniciais de parênquima, durante a evolução ontogenética do lenho secundário. É, pelo menos, o que se depreende de alguns aspectos observados.

As concreções de sílica são comparáveis, pela forma e dimensões, às descritas para a espécie anterior. Não logramos observar cristais de oxalato de cálcio neste material.

Com o auxílio de fragmentos de espécimes herborizados, pudemos constatar a presença de sílica nos raios e parênquima das primeiras porções no lenho secundário, nas seguintes espécies:

*D. floribunda* Spr. ex Benth.

*D. macrophylla* Ducke.

*D. breviflora* Benth.

*D. uaupensis* Ducke.

Conforme anunciamos, vamos agora apresentar um quadro das espécies ou gêneros em cujo lenho foi encontrada a sílica. Convém deixar bem claro que devem ser aceitas com reservas as referências de gêneros, porque nem sempre todas as suas espécies encerrarão concreções no lenho. Acabamos de expor o caso do *Dialium*, do qual somente uma, das três espécies investigadas, continha sílica.

I Praticamente em todos os elementos do lenho:

*Petrea* (Verbenaceae)

II Nos vasos e nas fibras:

*Peronema* e *Seijsmanniodendron* (Verbenaceae)

III Nos vasos e raios:

*Evodia* (Rutaceae)

IV Nas fibras e nos raios:

*Cratoxylon* (Hypericaceae)

V Nas fibras e no parênquima:

*Santiria* (Burseraceae)

- VI No parênquima e nos raios:  
*Michelia* (Magnoliaceae)  
*Dicorynia* (Leg.-Caesalpinaceae)
- VII No parênquima e nos tilos:  
*Gironniera* (Ulmaceae)
- VIII Nos vasos:  
*Brosimopsis* (Moraceae)  
*Pellacalix* (Rhizophoraceae)  
*Chrysophyllum* e *Madhuca* (Sapotaceae)  
*Tectona* (Verbenaceae)
- IX Nos tilos:  
*Stereospermum suaveolens* (Bignoniaceae)  
*Hydnocarpus* e *Taraktogenos* (Flacourtiaceae)
- X Nas fibras do lenho:  
*Parasponia* e *Ulmus* (Ulmaceae)  
*Viticiptremna novae-pomeraniae* (Verbenaceae)
- XI Nos raios do lenho:  
*Melanorrhoea*, *Parishia* e *Swintonia* (Anacardiaceae)  
*Canarium*, *Dacryodes* e *Protium* (Burseraceae)  
*Anisoptera* (Dipterocarpaceae)  
*Antidesma*, *Baccaurea*, *Phyllanthus* e *Sapium* (Euphorbiaceae)  
*Garcinia* (Guttiferae)  
*Endiandra* e *Litrea* (Lauraceae)  
*Coelostegia* e *Eschweilera longipes* (Lecythidaceae)  
*Aromadendron* e *Magnolia* (Magnoliaceae)  
*Aphanomyxis grandifolia* e *Chisocheton* (Meliaceae)  
*Eugenia*, *Metrosideros*, *Syncarpia*, *Tristonia* e *Xanthostemon pachyspermus* (Myrtaceae)  
*Planchonella* (Ochnaceae)  
*Kandelia kandel* (Rhizophoraceae)  
*Angelesia splendens*, *Couepia* e *Parinarium* (Rosaceae)
- XII No parênquima do lenho:  
*Coelostegia* e *Durio* (Bombacaceae)  
*Canarium*, *Santiria oblongifolia* (Burseraceae)  
*Dryobalanopsis* (Dipterocarpaceae)  
*Dialium guianense* (Leg.-Caesalpinaceae)  
*Combretocarpus mottley* (Rhizophoraceae)  
*Parastemon* (Rosaceae)  
*Bassia* e *Palaquium* (Sapotaceae)  
*Heritiera* e *Tarrietia* (Sterculiaceae)  
*Brownlowia* (Tiliaceae)

Desejamos chamar a atenção dos leitores para o fato de certos gêneros aparecerem sob itens que aparentemente se excluem, como por exemplo, *Santiria*, nos itens V e XII; ou, surgirem sob dois outros, quando deveriam estar num terceiro: *Canarium* e *Coelostegia*, p.e., nos itens XI e XII, não no VI. Isso ocorre devido à falta de informações precisas sobre a totalidade das espécies, razão por que preferimos levar em conta tôdas as referências, supondo que se apliquem a espécies diferentes.

A ocorrência de sílica no lenho não tem apenas significação científica, como caráter anatômico de valor. Várias propriedades técnicas das madeiras, entre as quais sua dureza, estão relacionadas com aquele mineral. Dentre elas, porém, avulta de importância a resistência ao ataque de certos moluscos e crustáceos e, particularmente, do *Teredo*. Já referimos, páginas atrás, a opinião de *Gonggrijp*, citada por RECORD & MELL (8). O trabalho de AMOS & DADSWELL (1) a respeito da mencionada resistência, relata vários estudos anteriores, tendentes todos a provar que a presença de sílica é um dos mais ponderosos fatores da durabilidade da madeira exposta à ação das vagas. VAN ITERSON (11), já assim concluía. WATSON e colaboradores (12) e SHILLINGLAW & MOORE (9), prepararam listas das madeiras mais resistentes ao *Teredo* da Austrália e da Nova Guiné, respectivamente. Tais madeiras, nos laboratórios da Division of Forest Products da Austrália, revelaram-se ricas em sílica (1). Ainda mais, tendo EDMONDSON (4) relacionado a menor resistência ao *Teredo* de *Syncarcia laurifolia* de Hawai, relativamente à que oferecem os exemplares da Austrália, com a menor idade das árvores, seu crescimento mais rápido e o menor teor de goma nos vasos, mostraram AMOS & DADSWELL, quer pela análise química, quer pelo exame ao microscópio, que no lenho das árvores provenientes de Hawai, é muitíssimo menor a quantidade de sílica.

Fica, portanto, aos tecnologistas a incumbência de verificar se as madeiras brasileiras que apontamos, apresentam a mesma resistência aos moluscos de nossas águas.



## RESUMO

Nas preparações microscópicas de lenho secundário de *Dialium guianense* e de *Dicorynia spp.* foram encontradas concreções de sílica amorfa, arredondadas, com cêrca de 12-15 $\mu$  de diâmetro.

Na primeira espécie, ocorrem apenas no parênquima; neste há séries silicíferas (muito mais abundantes), oxalíferas e mistas.

Nos representantes de *Dicorynia* que examinamos, a sílica existe no parênquima, (em certas células situadas às margens das faixas e junto aos vasos) e nos raios, particularmente nas células apicais.

A ocorrência dêsse mineral parece importante fator da resistência das madeiras aos ataques dos moluscos e crustáceos.

## ABSTRACT

Siliceous inclusions were found in the secondary wood of *Dialium guianense* and *Dicorynia spp.*

In the former they are seen in the parenchyma strands, where they may exist with oxalate crystals in the same "mixed strand". Similar inclusions appear in the parenchyma and ray cells of *Dicorynia spp.*

It is suggested that the woods of those *Leguminosae* may be immune to the attacks of *Teredo*.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. AMOS, G.L. & DADSWELL, H.E. — Siliceous inclusions in wood in relation to marine borer resistance. *Jour of the Coun. for Sci. and Ind. Res.* 21:190 (1948).
2. BARGAGLI-PETRUCCHI — Concrezioni silicee intracellulari nel legno secundario di alcune Dicotiledoni — *Malpighia* 17:23 (1903).
3. BESSON, A. — Richesse en cendres et teneur en sílice des bois tropicaux — *Agron. Trop.* 1:44 (1946).
4. EDMONDSON, C.H. — Marine borer resistance of *Syncarpia laurifolia* *Trop. Woods*, 92:44 (1947).

5. FREY-WYSSLING, A. — Ueber die Ausscheidung der Kieselsäure in der Pflanze — *Ber. d. D. Bot.* 48: 179 (1930).
6. LUNDEGARDH, H. — Mineral nutrition of plants. *Ann. Rev. Biochem.* 16:503 (1947).
7. METCALF, C.R. & CHALK, L. — Anatomy of the Dicotyledons. 2 vol. Oxford. 1950.
8. RECORD, S.J. & MELL, C.D. — Timbers of Tropical America. New Haven. 1924.
9. SHILLINGLAW, A.W. & MOORE, D.D. — Report of marine borer survey in New Guinea waters. — *Coun. Sci. Ind. Res. (Austr.) Bull.* N.º 223 (1945).
10. STRUVE, G.A. — De silicia in plantis nonnullis. *Diss.* Berlin 1835).
11. VAN ITERSOM, G. — The significance of the anatomy of wood for the preservation of marine structures against the shipworm (têredo) — *Proc. Pacif. Sci. Cong.* 5th — Canada: 3907-3911 (1933).
12. WATSON, C.J.J. ET AL. — Destruction of timber by marine organisms in the port of Brisbane — *Qd. For. Serv. Bull.* N.º 12 (1936).

#### EXPLICAÇÃO DAS ESTAMPAS

##### *Dialium guianense*

(Lenho secundário)

- 1) Corte trv. Obj. Neofluar 6,3x. Condensador de contraste de fase correspondente à objetiva 40x. (ca. 50x.)
- 2) Corte trv. obj. Ph. 16x. Condensador de contraste de fase correspondente à obj. 100x. (ca. 125x.)
- 3) Corte tang.; como em 1). (ca. 50x.)
- 4) Corte tang. Obj. Ph. 40x. e condensador respectivo — Filtro verde (ca. 320x.)
- 5) Mesmo campo da anterior — Obj. Neofluar 40x. Luz polarizada (ca. 320x.)
- 6) Corte tang. Obj. Neofluar 40x. (ca. 320x.)

##### *Dicorynia paraensis*

(Lenho secundário)

- 7) Corte trv., como em 1) (ca. 50x.)
- 8) Corte trv., como em 2) (ca. 125x.)
- 9) Corte tang., como em 1) (ca. 50x.)

Tôdas as fotomicrografias foram obtidas com a câmera Winkel-Zeiss (6,5 x 9 cm), adaptada ao microscópio Optovar Zeiss (com Ocular Fotográfica Zeiss 9x) e as cópias, ampliadas 2 vêzes.

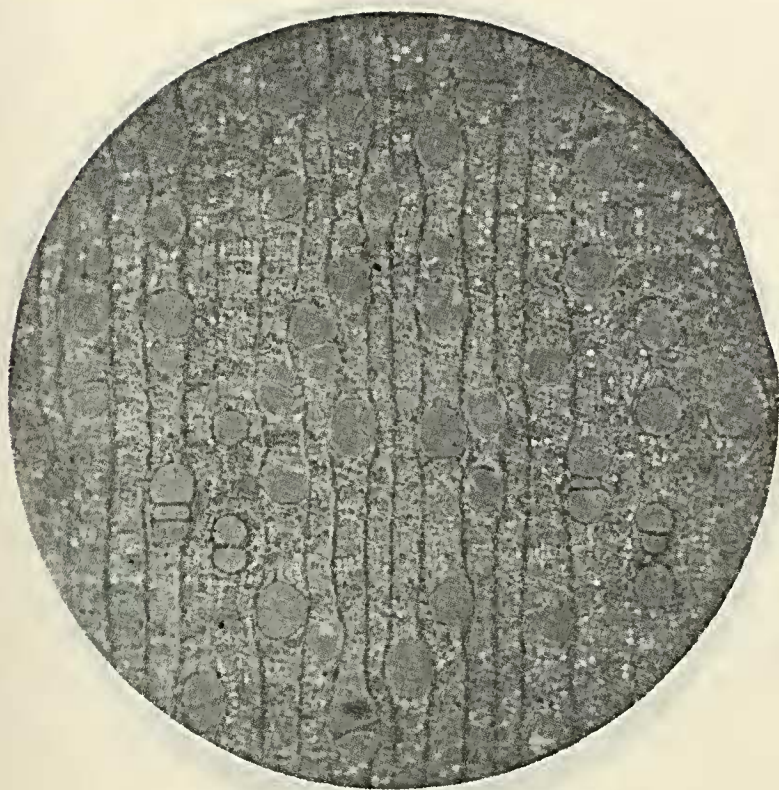


FOTO 1

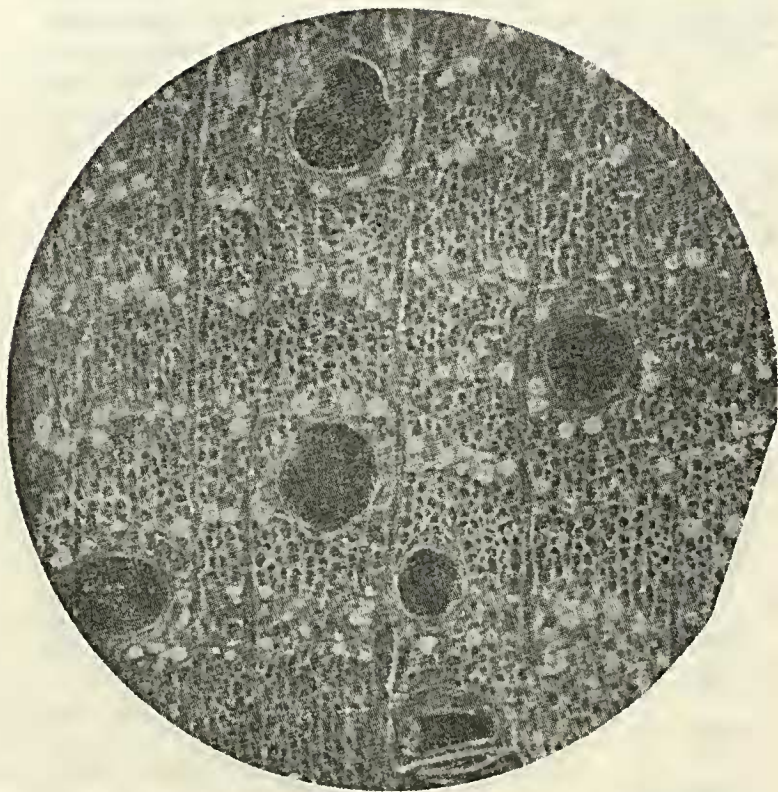


FOTO 2



FOTO 3

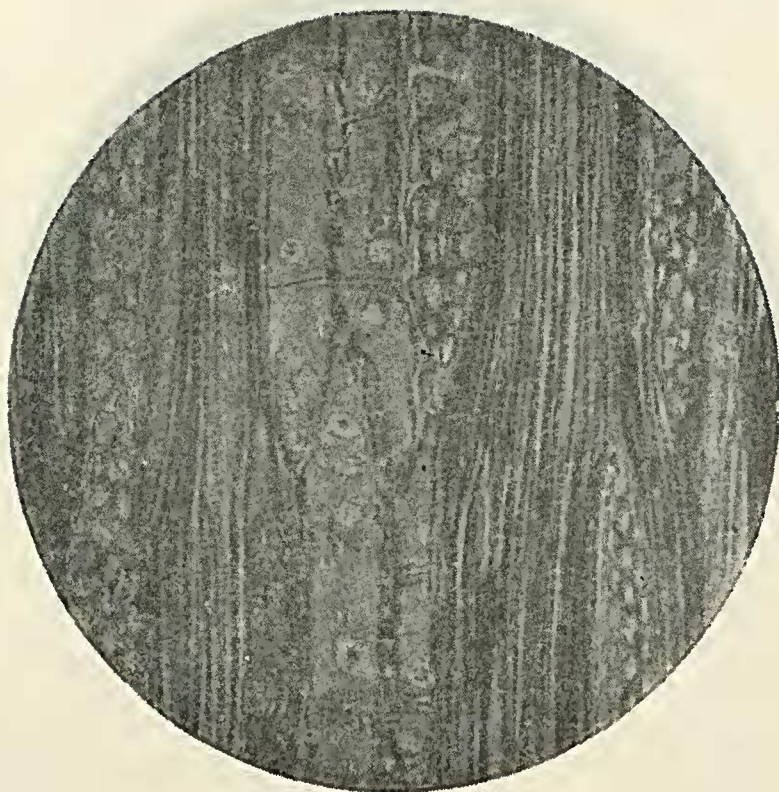


FOTO 4

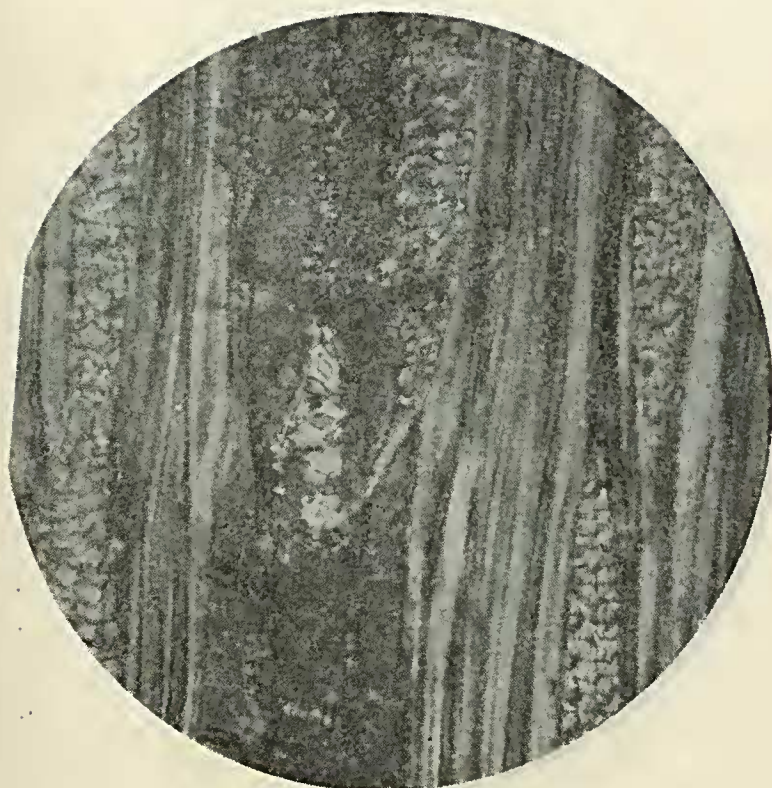


FOTO 5

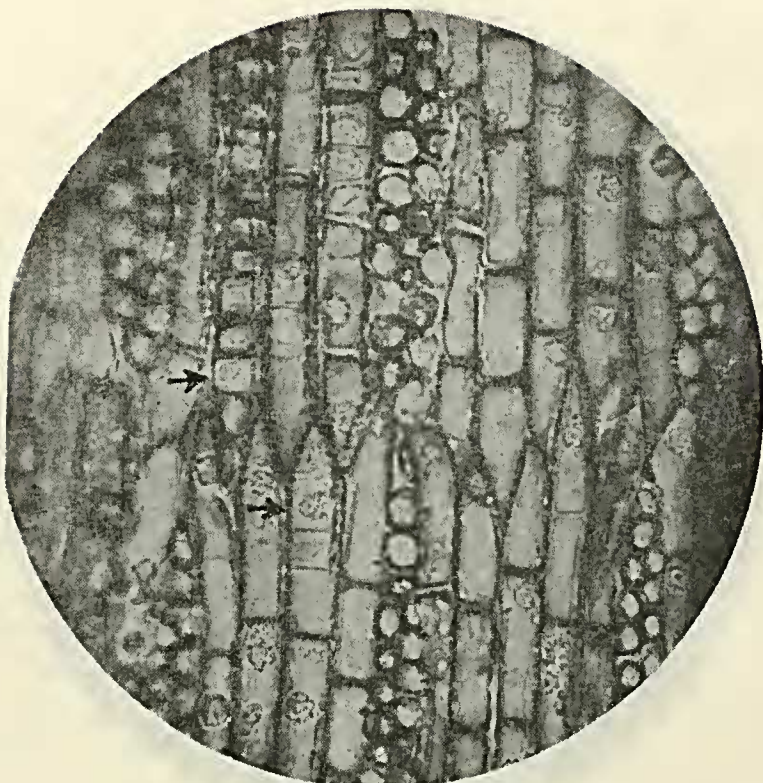


FOTO 6

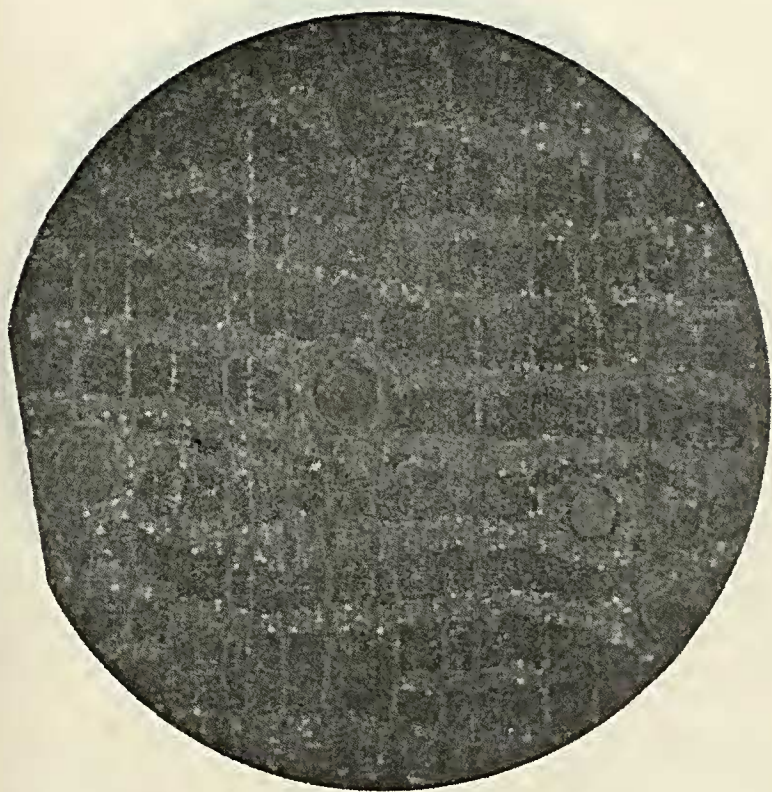


FOTO 7

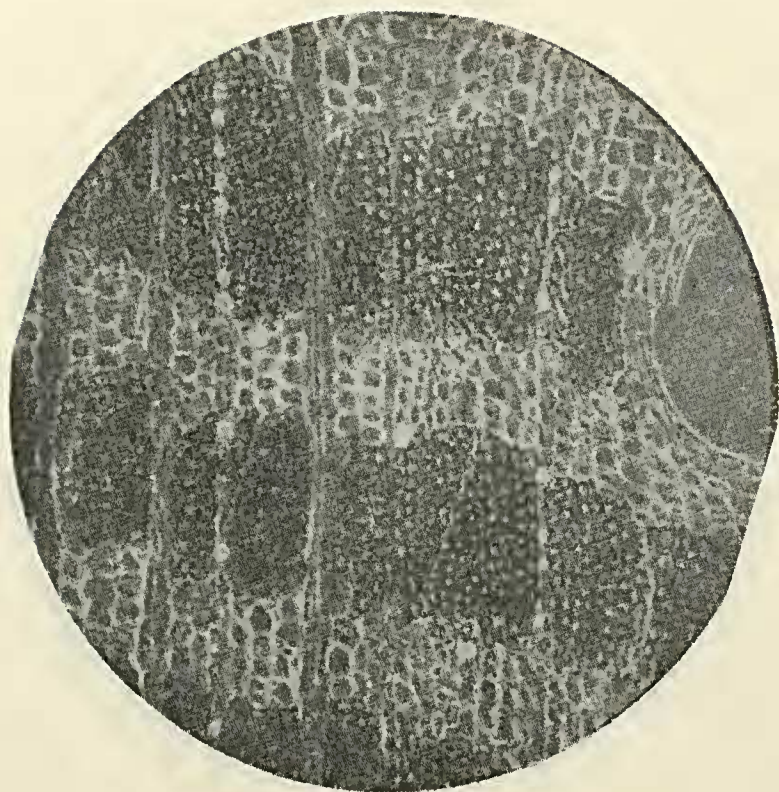


FOTO 8

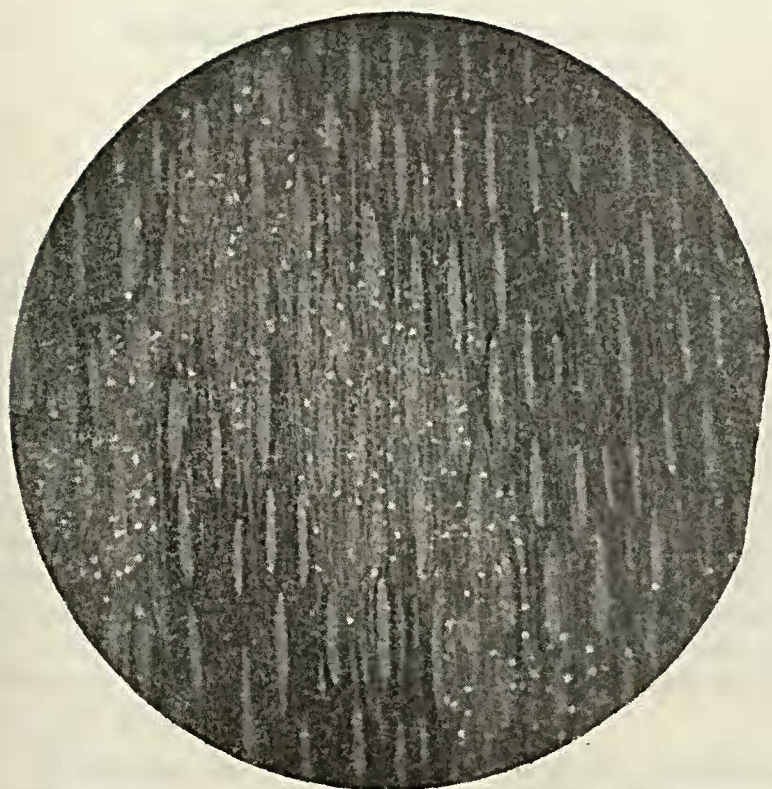


FOTO 9

